



Otimização da Operação e Manutenção de Parques Solares Fotovoltaicos

João Pedro de Azevedo Baptista Lopes

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Versão Pública

Dissertação orientada por:
Professor Doutor Killian Paulo Kiernan Lobato (FCUL)

Agradecimentos

A elaboração desta dissertação representa um acumular de conhecimentos obtidos ao longo destes anos de estudo. Para poder frequentar e prosseguir com sucesso este longo caminho, existiram muitas pessoas importantes às quais estou muito grato.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus pais que me proporcionaram uma educação exemplar e mostraram-me o caminho para poder chegar onde estou, com dedicação e esforço. Ao meu irmão que também me ajudou muito com alguns conselhos e com algumas explicações aqui e ali.

Aos meus orientadores, o Professor Doutor Killian Lobato e ao Hugo Silva, primeiro por me ajudarem a escolher um tema que se adequava aos meus gostos. Depois, pela ajuda e paciência face às minhas dúvidas e pelo caminho que me ajudaram a percorrer.

À Cooperativa por me ter aberto uma porta e dar-me uma oportunidade de poder efetuar uma dissertação em conjunto com eles. Em especial, um agradecimento à Eng. Ana Rita Antunes que se mostrou sempre disponível para esclarecer as minhas dúvidas e tudo o que precisei ao longo do tempo.

Aos meus amigos e colegas, quero agradecer por estarem ao meu lado e proporcionaram um percurso académico mais agradável e prazeroso, que sem eles não seria a mesma coisa. Todos eles foram importantes tanto nos bons e maus momentos, nos cafés longos e curtos, nos almoços longos e curtos, nas pausas e nas horas infindáveis de estudo.

A todos, um muito e sincero OBRIGADO.

Resumo

O setor solar fotovoltaico está em ascensão, estima-se um crescimento de capacidade instalada de 5 GW em 2005 para 716 GW em 2020. Posto isto, o estudo da O&M em parques solares fotovoltaicos é uma das prioridades neste ramo. Tendo em conta o envelhecimento dos módulos já instalados, vão ter de ser enfrentados novos desafios no que toca à sua manutenção. Para tornar esta tecnologia mais fiável é necessário que a produção da energia esteja sempre acima ou seja igual à projetada inicialmente, cada vez com menos custos.

Com esta dissertação, procurou-se recolher informações gerais de como é feita a O&M, atualmente, em parques solares fotovoltaicos e perceber os principais problemas do envelhecimento dos módulos. Para a concretização deste trabalho foi necessário proceder ao confronto dos conhecimentos teóricos com a prática. Assim, realizou-se visitas a duas centrais solares da cooperativa e procedeu-se ao levantamento da O&M, com a recolha de informação sobre o funcionamento das duas centrais solares fotovoltaicas escolhidas. De seguida, procedeu-se à análise da produção energética dessas centrais. Inicialmente procedeu-se à comparação da energia registada pelo inversor com a faturação mensal. De seguida procedeu-se à comparação entre a produção expectável no PVsyst e a produção real, com os respetivos períodos de falhas. Após esta análise, procurou-se encontrar uma estratégia de melhoria da gestão da O&M para as centrais da cooperativa, assim como, proceder a uma recolha de dados de forma mais eficiente.

Após a pesquisa teórica, realizaram-se algumas reuniões onde se procurou perceber como é feita a O&M atualmente. De seguida, foram feitas visitas às duas centrais escolhidas para os casos de estudo. Também se observou e registou algumas manutenções das centrais da cooperativa, de forma a perceber o desempenho da O&M. Através das reuniões efetuadas, constatou-se que a O&M divide-se em duas partes: a operação, que permite verificar se as centrais encontram-se em funcionamento, através dos portais existentes e da faturação mensa; a manutenção; que é efetuada anualmente em todas as centrais.

Constatou-se que a operação efetuada não é eficaz. A cooperativa possui um número elevado de centrais, sendo necessário recorrer a vários portais *online*, para proceder à verificação do seu desempenho diário, em termos de produção energética. Esta forma de controlo e verificação de dados não permite antecipar problemas que inibem o controlo da produção continuada da energia. Assim, sugeriu-se a criação de uma única plataforma, com toda a informação agregada, tendo a mesma um mecanismo de alerta automático para quando ocorrer um problema numa das centrais.

A manutenção efetuada nas centrais parece ter como objetivo principal, perceber se os componentes estão a funcionar. Esta não tem em consideração o desempenho dos módulos em termos de produção energética, ou se os mesmos apresentam falhas possíveis de observar através de apoio a testes eletrónicos. A própria limpeza dos módulos é efetuada de forma deficiente, ficando alguns módulos com terra e pó, após a mesma. Para além disso, constatou-se após as visitas que é muito difícil aceder aos módulos tanto para efetuar uma manutenção apropriada como para efetuar um esquema da central. A existência do mesmo seria muito útil para os engenheiros que fazem a manutenção. Assim sugere-se que aquando da manutenção, utilizem uma espécie de *selfie stick* com uma câmara na ponta para poder fazer vídeos/tirar fotos de forma a seguir os cabos debaixo dos módulos e desenhar o esquema da central.

Em termos de análise de resultados, constatou-se que existe uma diferença significativa entre os dados registados pelo inversor e os faturados mensalmente. Isto deveu-se ao fato de muitas vezes os

inversores não conseguirem ter a comunicação *Bluetooth* a funcionar, devido a falhas na rede e outras vezes devido a falhas na comunicação através de *Ethernet*.

Para perceber a alteração do estado das centrais ao longo do tempo de produção decidiu-se efetuar uma comparação entre a produção real e a produção supostamente teórica calculada com a ajuda do *software* PVsyst. Assim, decidiu-se fazer uma análise do diagrama de cargas diário em que se comparou a energia produzida pelo inversor com a suposta teórica do PVsyst, em dias de céu limpo. Deste modo, escolheu-se três semanas de cada ano para cada central. No caso da central A, constatou-se, que as diferenças médias entre as duas energias em horas de pico, anualmente, rondam os 6 % a 10 %. No caso da central B, as diferenças rondam os 6 e 14 %.

Após esta análise, efetuou-se um estudo para perceber se era viável realizar uma manutenção mais avançada com recursos eletrónicos. Através de uma proposta que foi apresentada à cooperativa, inicialmente, realizou-se uma comparação entre a energia faturada e a energia supostamente faturada. Apesar de só terem sido analisados dois anos, a média de perdas para a central A é de cerca de 700€, o que representa cerca de 14% do total faturado e da central B é de cerca de 900€, representa cerca de 17% do total faturado.

Depois, comparou-se os custos da manutenção atual com os ganhos de uma suposta nova manutenção agregada à atual. O custo médio anual, por central, da manutenção proposta ronda os 807€ e o custo médio anual, por central, da manutenção atual ronda os 333€. Como as intervenções de manutenção complementam-se, somadas perfazem um total de 1140€. Se for aplicada uma melhoria de 4 % à energia produzida, como o estudo da ucair sugere, referido pela notícia da Cleantech Group sugere, percebe-se que os ganhos com essa nova manutenção são, em média, de 200€, o que representa cerca de 25% dos gastos médios anuais com a nova manutenção. Posto isto, não existe uma resposta que possa ser conclusiva se se deve optar ou não optar por melhorar a manutenção. Até porque existiram uma série de assumções que podem mudar os resultados. Assumindo que as mesmas estão corretas só cabe à cooperativa definir a sua política de manutenção. Se prefere arriscar mais e gastar menos na manutenção anual, correndo o risco com possíveis problemas mais graves no futuro, ou por uma manutenção mais completa, com mais custos mas com menor risco.

Palavras-Chave: O&M, PVsyst, produção energética

Abstract

The solar photovoltaic sector is on the rise, with estimated capacity growth from 5 GW in 2005 to 716 GW in 2020. That said, the O&M study on photovoltaic solar parks is a top priority in this field. Given the aging of modules already installed, new challenges will have to be faced with regard to their maintenance. To make this technology more reliable it is necessary that the energy production is always above or equal to the initially projected, with lower costs.

With this dissertation, it was tried to collect general information on how O&M is currently done in photovoltaic solar parks and to understand the main problems of module aging. For the realization of this work it was necessary to compare theoretical knowledge with practice. Thus, visits were made to two cooperative solar plants and the O&M survey was carried out, with information on the operation of the two chosen solar photovoltaic plants. Then, the energy production of these plants was analyzed. Initially, the energy registered by the inverter was compared to the monthly invoicing. Then the expected production in PVsyst was compared to the actual production with the respective failure periods. Following this analysis, it was tried to find a strategy to improve O&M management for the Cooperative plants, as well as to collect data more efficiently.

After the theoretical research, some meetings were held where it was tried to understand how the O&M is done today. Next, visits were made to the two centers chosen for the case studies. It was also observed and recorded some maintenance of the cooperative plants, in order to understand the performance of O&M. Through the meetings held, it was found that O&M is divided into two parts: the operation, which allows checking whether the plants are in operation, or through existing portals and monthly invoicing; the maintenance; which is carried out annually in all plants.

It was found that the operation performed is not effective. The Cooperative has a large number of power stations and it is necessary to use several online portals to verify its daily performance in terms of energy production. This form of control and verification of data does not allow anticipating problems that inhibit the control of continued energy production. Thus, it was suggested to create a single platform, with all information aggregated, having an automatic alert mechanism when a problem occurs in one of the plants.

Maintenance performed at the plants seem to have as its main objective to understand if the components are working. This does not take into account the performance of the modules in terms of energy production, or if they have failures that can be observed by support of electronic testing. The cleaning of the modules themselves is performed poorly, leaving some modules with dirt and dust after it. In addition, it was found after the visits that it is very difficult to access the modules both for proper maintenance and for a plant layout. The existence of the same would be very useful for maintenance engineers. Thus, it is suggested that during maintenance, use a kind of selfie stick with a camera on the end to be able to make videos / photos in order to follow the cables under the modules and draw the scheme of the central.

In terms of results analysis, it was found that there is a significant difference between the data recorded by the inverter and those billed monthly. This is due to the fact that inverters often fail because of Bluetooth communication failure due to network failures and sometimes due to communication failures over Ethernet.

In order to understand the change in the state of the plants over production time, it was decided to make a comparison between actual production and supposedly theoretical production calculated with the help of PVsyst software. Thus, it was decided to make an analysis of the daily load diagram comparing the energy produced by the inverter with the supposed theory of PVsyst, on clear days. Thus, three weeks of each year were chosen for each plant. In the case of plant A, it was found that the average differences between the two energies at peak hours annually are around 6% to 10%. In the case of plant B, the differences are around 6 and 14%.

After this analysis, a study was performed to see if it was feasible to perform more advanced maintenance with electronic resources. Through a proposal that was presented to the cooperative, initially, a comparison was made between the billed energy and the supposedly billed energy. Although only two years have been analyzed, the average loss for plant A is about € 700, which represents about 14% of the total invoiced and the central B is about 900 €, represents about 17% of the total invoiced.

Then, the costs of current maintenance were compared with the gains of a supposed new maintenance added to the current one. The average annual cost per plant of proposed maintenance is around € 807 and the average annual cost per plant of current maintenance is around € 333. As maintenance interventions complement each other, they add up to a total of € 1140. If a 4% improvement is applied to the energy produced, as the study by ucair suggests, as reported by the Cleantech Group news suggests, the gains from this new maintenance average € 200, which is about 25% of annual average expenses for new maintenance. That said, there is no answer that can be conclusive as to whether or not to opt for improved maintenance. Also because there were a number of assumptions that can change the results. Assuming that they are correct, it is only for the cooperative to define its maintenance policy. You prefer to take more risks and spend less on annual maintenance, risking possible more serious problems in the future, or more complete maintenance with more costs but less risk.

Keywords: O&M, PVsyst, energy production